Ueber das

Mark einiger Holzpflanzen.

Inaugural-Dissertation

vorgelegt

der hohen philosophischen Facultät

der

Universität Basel

behufs Erlangung der philosophischen Doctorwürde

von

Georg Kassner
aus Lüben i/Schl.

Breslau,
Druck von Robert Nischkowsky.
1884.

Ueber das

Mark einiger Holzpflanzen.

Inaugural-Dissertation

vorgelegt

der hohen philosophischen Facultät

der

Universität Basel

behufs Erlangung der philosophischen Doctorwürde

von

Georg Kassner
aus Lüben i/Schl.

Breslau,
Druck von Robert Nischkowsky.
1884.

Seinen guten Eltern

in dankbarer Liebe

gewidmet

vom

Verfasser.

Vorliegende Arbeit wurde auf Veranlassung und unter Anleitung des Herrn Professor Dr. Ferdinand Cohn im pflanzenphysiologischen Institut zu Breslau während des W. S. 1881/82 begonnen und im Jahre 1883 in Posen zu Ende geführt. Ich erfülle hiermit die angenehme Pflicht, an dieser Stelle meinem hochverehrten Lehrer, dem Herrn Professor Dr. F. Cohn, meinen wärmsten und ehrerbietigsten Dank für sein höchst liebenswürdiges Entgegenkommen und die Bereitwilligkeit, mit welcher er mir stets werthvolle Rathschläge ertheilt und meine Arbeit dadurch gefördert hat, auszusprechen.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548826_0164

Einleitung.

Ueber das Pflanzenmark im Allgemeinen, speciell über das der Holzpflanzen finden sich nur hier und da bei den Schriftstellern kurze Bemerkungen und Angaben [1]). Eine vergleichende Studie über das Mark gab es bisher nicht. Erst Gris hat in ausführlicherer, zusammenhängender Arbeit [2]) das vorhandene Material gesammelt, geordnet und neue Beobachtungen angestellt, indem er die Zusammensetzung und den Bau des Markes innerhalb verschiedener Familien untersuchte. Er kam dabei zu dem Resultat, dass der Markkörper der verschiedenen Pflanzen-Familien für sich je eine grosse Constanz und Gleichförmigkeit in seiner anatomischen Beschaffenheit bietet, dass sich andererseits aber zwischen den einzelnen Familien und Gattungen bezüglich seiner Structur doch wieder gewisse Verschiedenheiten zeigen, welche es möglich machen, auch die Structur des Markes in der Systematik zu verwenden.

Der Verfasser folgender Arbeit stellte es sich nun anfangs zur Aufgabe, die Richtigkeit der von Gris gemachten Angaben durch zahlreiche Nachuntersuchungen zu prüfen und ferner durch Heranziehung neuer Pflanzen und deren mikroscopischer Besichtigung die

---

1) Schacht, „Anatomie und Physiologie der Gewächse," I. 1856. p. 339. II. 1859. p. 18, 50, 75, 81, 82 u. a. a. O.
Hartig, „Anatomie und Physiologie der Holzpflanzen," 1878. p. 152, 182.
Sachs, „Lehrbuch der Botanik," 1874. p. 131 u. a. a. O.
De Bary, „Vergleich. Anatomie der Vegetationsorgane," 1877. p. 418, 351.

2) Sur la moëlle des plantes ligneuses, Annales des sc. nat. 5 Sér. Tom. XIV. p. 26. pl. 4—7.

schon erlangten Resultate zu vermehren. In diesem Sinne besichtigte der Verfasser eine grössere Anzahl von Holzpflanzen. Es zeigte sich hierbei, dass die Angaben Gris's zutreffend, wenn auch nicht erschöpfend sind. Ausserdem aber führten die Untersuchungen zu einer Reihe von Holzgewächsen, deren besondere Eigenthümlichkeiten und Abnormitäten im Mark noch nirgends zum Gegenstand besonderer Betrachtung gemacht wurden und welche den Verfasser auf neue Gesichtspunkte hinweisen, nach denen man die Eintheilung der Marksysteme vornehmen kann. Es betrifft dies insbesondere den chemischen Charakter der Zellwand, welcher, wie im Einzelnen nachgewiesen werden soll, die Ursache besonderer Vorgänge innerhalb des Markes ist. Namentlich zeichnen sich in dieser Hinsicht aus: sämmtliche Arten von *Ribes, Evonymus europaeus, Ampelopsis quinquefolia, Lycium barbarum, Solanum Dulcamara,* ferner *Pterocarya caucasica* und die Gattung *Lonicera.* Es bieten diese Pflanzen eine grosse, oft andauernde Veränderlichkeit ihrer Markstruktur und zeigen ausserdem im chemischen Verhalten der Markzellmembranen Abweichungen von den meisten übrigen Holzpflanzen. Um nun die bei den erwähnten Pflanzen angetroffenen Merkmale und Unterschiede als Abnormitäten recht scharf hervortreten zu lassen, hielt es Verfasser für geboten, zunächst einen kurzen Ueberblick über die normale Struktur des Markes und über die von Gris gewonnenen Resultate zu geben. Daran anschliessend werden die genannten Arten einzeln beschrieben und deren Struktur-Abweichungen besonders hervorgehoben. Am Schlusse ist der Versuch gemacht, die erreichten Resultate einheitlich zusammen zu stellen und zu deuten.

I. Allgemeines über das Mark der Holzpflanzen.

Nach der Differenzirung des Gefässbündelringes ist das Mark der Rest des primären Grundgewebes ebenso wie die Rinde. Seine Zellen erfahren bis zur Vollendung der Streckung der Internodien eine wiederholte Quertheilung, so dass sie im ausgewachsenen Zustande in longitudinalen Reihen angeordnet und übereinanderliegend erscheinen, Tab. II. Fig. 20. Das Wachsthum in der Breitenrichtung geschieht dagegen, sobald die Streckung begonnen, vorwiegend nur durch Flächenwachsthum der Zellwände ohne Längstheilung seiner Zellen. Es bleibt sich deshalb die Anzahl der im Durchmesser aufeinanderfolgender Querschnitte vorhandenen Zellen gleich oder vermehrt sich wenigstens nur unbedeutend. In gewissen unten näher zu beschreibenden Fällen zeigen sich allerdings Ausnahmen und dann eine oft noch lange in der Längsrichtung andauernde Theilungsfähigkeit, auch bieten sich im jungen Mark vieler Pflanzen in der Nähe des Protoxylems theilungsfähige Phloëmbündel dar.

Auf dem Querschnitt erscheinen die Markzellen meist als runde Scheiben, welche am Rande des Markes kleiner[1]) als in der Mitte desselben sind, Tab. I. Fig. 1. Die Grössenunterschiede folgen in den meisten Fällen sehr allmählig auf einander; für die Durchmesser der Markzellen von *Pterocarya caucasica* fand Verfasser folgende Grössenverhältnisse: 6, 8, 11, 14, 20, 25, 30, wobei die kleinsten Zahlen den Zellen der Markperipherie, die grössten denjenigen des Markcentrums angehörten.

Die absolute Grösse variirt je nach der Pflanzenart und wie aus dem vorigen Satze hervorgeht, auch nach dem Orte, welchen die Zellen im Markkörper einnehmen. — Man findet jedoch sehr häufig diese Regelmässigkeit unterbrochen dadurch, dass oft sehr kleine Zellen mit dickeren Wandungen mitten unter grösseren im Mark zerstreut liegen. Dies ist immer der Fall, wenn das fertig ausgebildete Mark aus produktiv bleibenden und abgestorbenen Zellen zusammen-

[1]) De Bary l. c. p. 419.

gesetzt ist. Die lebensthätigen Elemente sind dann stets kleiner als die Mehrzahl der inhaltsfreien, also auch todten Zellen; recht auffallend ist dies bei *Rosa, Tilia, Sorbus.* Ebenso scheint Verschiedenheit der Inhaltsstoffe benachbarter Elementar-Organe Grössenunterschiede herbeizuführen. Es finden sich nämlich bei der Eiche z. B. grössere und kleinere Zellen ziemlich regelmässig — auch Hartig[1]) macht darauf aufmerksam — vertheilt; beide enthalten Plasma und Reservestoffe, in der Jugend des Sprosses aber, wo die Zellen noch ihre Ausbildung erhalten, zeigen nur die kleineren reichlichen Inhalt von Gerbstoff und ähnlichen Körpern, welche durch $Fe^{2}Cl^{6}$ dunkel und durch Jod intensiv dunkelbraungelb gefärbt werden.

Besteht dagegen das Mark aus einerlei Elementen ohne deutlich hervortretenden Unterschied in ihrem Inhalt, wie z. B. bei *Cytisus Laburnum, Acer Negundo, Carpinus Betulus, Platanus orientalis,* überhaupt der grössten Anzahl der Holzpflanzen, so findet man zumeist das oben erwähnte Verhalten, es zeigen sich dann nämlich vorwiegend in der Mitte oder deren Nähe die grössten Zellendurchmesser; doch auch bei diesen kann es vorkommen, dass ebendort, d. h. in der Axe des Markprismas, ziemlich kleine Zellen gefunden werden.

Auf dem Längsschnitt erscheinen die Zellen des Markgewebes in der Form von mehr oder weniger langen Rechtecken oder auch von in die Breite gestreckten Sechsecken. Länger gestreckt sind z. B. immer die Zellen des Markes von *Lonicera, Lycium barbarum,* niedriger, d. h. mehr breit als lang die von *Sambucus, Pterocarya, Vitis, Ampelopsis* etc. Tab. I. Fig. 1—4.

In der Jugend ist das saftreiche Gewebe des Markkörpers erfüllt mit Plasma, Stärke und selbst Chlorophyll; aber schon in den tieferen Theilen des einjährigen Triebes verschwindet[2]) oft dieser Inhalt nebst dem Zellsaft, um in den meisten Fällen überhaupt nicht mehr aufzutreten. Aus diesem Grunde sprach man längere Zeit dem Mark älterer Zweige überhaupt irgend welche Bedeutung für die Pflanze ab, da es sich gezeigt hatte, dass in den meisten Fällen sich seine Zellen mit Luft füllen. Man glaubte, dass es nur dann der Pflanze nützlich sei, wenn es sich in jugendlichem Zustande befinde, solange es sich also noch an der Gewebespannung betheiligen kann.

Dagegen finden sich auch wieder vereinzelt Angaben, welche schon die Meinung erkennen lassen, dass das Mark doch nicht unter allen Umständen seine Thätigkeit einbüsse. Hartig[3]) z. B. führt an, dass in *Quercus, Fagus* sich der Zellschlauch, d. i. das Protoplasma, im Mark

[1]) l. c. p. 122. [2]) Hartig l. c. p. 182. [3]) l. c. p. 182.

längere Zeit erhalte und letzteres auch als Reservestoffbehälter für die Pflanze dienen könne. Ebenso werden von Schacht[1]) Beispiele aufgeführt dafür, dass die Markzellen bisweilen verdickt und verholzt erscheinen und selbst in späteren Jahren noch Stärke führen.

Die umfassendste Untersuchung über diese Lebensthätigkeit des Markes, welche bei einzelnen Pflanzen *(Quercus, Fraxinus)* bis 20 Jahre dauern kann, verdanken wir A. Gris[2]). Dieser Forscher untersuchte mehrjährige Zweige und Aeste und ältere Stämme von Vertretern der verschiedensten Familien hinsichtlich ihrer Markstruktur und war nach Vergleichung derselben im Stande, mehrfache Typen für den Bau des Markes der Holzpflanzen aufzustellen.

Dieselben stützen sich zunächst auf den Unterschied zwischen Plasma- resp. Reservestoffe- oder Krystalle -führenden einerseits und inhaltslosen Zellen andererseits, welche entweder für sich allein oder aber, was weit häufiger vorkommt, mit einander gemischt das Marksystem bilden können. Je nach der Häufigkeit ihres Vorkommens im Markgewebe und nach der Weise, wie sich diese verschiedenen Elemente mit einander verbinden und die Struktur des Markes bedingen, unterscheidet Gris Unterabtheilungen der beiden Haupttypen, welche hier nicht besonders aufgezählt werden sollen.

Es sei nur erwähnt, dass zwei von Gris als besondere Typen aufgezählte Marksysteme, nämlich das gefächerte Mark der *Juglandineen (moëlle hétérogène discontinue diaphragmatique)* und das ausgehöhlte der *Loniceren (moëlle hétérogène discontinue fistuleuse)* durchaus nicht auf eine besondere Struktur hinweisen, sondern nur Zustände vorstellen, welche durch ganze oder theilweise Vernichtung des früheren Markgewebes entstanden sind. Beim zerrissenen, Diaphragmen bildenden, Mark, welches für die Familie der *Juglandineen* charakteristisch ist, erhalten sich Rudimente des ursprünglich vorhanden gewesenen soliden Gewebes in der Form von Querbändern, beim ausgehöhlten Mark der *Loniceren* verschwindet aus der Axe des Stengels der Länge nach ein mehr oder weniger dicker Theil des früheren Gewebes. Ueber letztere beiden Formen des Markgewebes und über die Ursachen, welche sie veranlassen, wird noch ausführlicher die Rede sein.

So verschiedenartig auch die Struktur des Markes gemäss den von Gris gegebenen Beispielen bei den Holzpflanzen sein kann, so sehen wir doch bei der vorgenommenen Untersuchung, dass ihr in allen

---

1) l. c. II. p. 51.

2) Sur la moëlle des pl. l. . . . . .

Fällen etwas gemeinsam ist. Es ist dies die Zeit ihrer Ausbildung. Bei fast allen diesen Pflanzen ist es das primäre Grundgewebe, welches schon in seinem ersten Sommer, bei vielen Pflanzen schon am Anfange der ersten Vegetationsperiode die ihm in den Einzelfällen charakteristische Struktur angenommen hat, von da ab bleibt es unverändert in Bezug auf Grösse, Gestalt, Zahl und Anordnung der Zellen. Ich hielt es für zweckmässig, dieses bei der überwiegenden Mehrzahl der Pflanzen auftretende, schon frühzeitig ausgebildete Markgewebe, das „normale" zu nennen. Im Gegensatz zu diesen Pflanzen giebt es nämlich Holzgewächse, bei welchen oft noch lange andauernde Veränderungen und Neubildungen des Marksystems vorkommen, so dass dessen anatomische Beschaffenheit und Struktur keine beständige ist und insofern „anomal" genannt zu werden verdient.

Diese vom Verfasser aufgefundenen Abweichungen sollen weiter unten näher beschrieben werden.

Es ergiebt sich aus den von Gris angestellten Beobachtungen, dass es nützlich sein kann, bei der Unterscheidung nahe verwandter Species auch die Struktur des Markes zu Rathe zu ziehen. Mehrere von Gris hierfür gegebene Beispiele aus der Familie der *Caprifoliaceen*, *Pomaceen*, *Ericineen* zeigen dies ganz deutlich. In jüngster Zeit ist auch A. Engler[1]) bei Besprechung der *Anacardiaceen* zu demselben Schlusse gelangt.

Als weiteres Ergebniss seiner Arbeit ist zu nennen, dass in allen Fällen, wo Gris eine Thätigkeit, ein Leben gewisser Zellen des Markes, wie es sich noch in späteren Jahren durch Bereitung von Reservestoffen kundgiebt, konstatirte, die Wandung dieser Elemente stets eine starke Verdickung und in derselben zahlreiche runde Tüpfelkanäle zeigte. Alle in späteren Jahren dünnwandig gebliebenen Zellen waren todt und enthielten blos Luft, mitunter auch noch Krystalle. Ueber Abweichungen von dieser Regel hat sich Gris nirgends ausgesprochen. Solche kommen aber nach des Verfassers Wahrnehmungen ziemlich häufig vor und zwar sind sie vorzugsweise bei den genannten, schon in anderer Hinsicht durch Anomalien ausgezeichneten Arten anzutreffen; es können also auch Zellen mit sehr dünner Wandung jahrelang mit Bereitung von Reservestoffen innerhalb des Markes beschäftigt sein.

In der Absicht, die von Gris gegebene Uebersicht zu vervollständigen, untersuchte der Verfasser in der Zeit der Winterruhe, also während der Erfüllung der Reservestoffbehälter der Pflanzen, eine

---

[1]) Bot. Ztg. 1881 p. 545.

grosse Reihe von Holzgewächsen theils derselben Arten, wie die von genanntem Forscher angeführten, zum Theil auch eine Anzahl von ihm noch nicht studirter Pflanzen.

Hierbei zeigte es sich, dass wohl die angegebenen Unterschiede oder Typen sich durchführen liessen, dass aber nebenbei für die Anatomie des Markes noch andere Elemente in Betracht kommen müssen, wenn man ein Gesammtbild der bei den Holzpflanzen vorkommenden Struktureigenthümlichkeiten geben will.

Gris hat bei der Eintheilung des Markes nur auf lebensthätige, unproduktive, Krystall- und Steinzellen Rücksicht genommen. Im Laufe der Untersuchungen und bei Verfolgung der Litteratur zeigte es sich aber, dass ebenso gut auch Schleimbehälter, welche Hartig[1]) bei *Ulmus, Tilia* constatirte, ferner Gerbstoffschläuche, die De Bary[2]) und Trécul bei den *Leguminosen* erwähnen, endlich Milchsaftgefässe[3]) sowie Milchzellen bestimmend auf die Struktur des Markes einwirken und demgemäss als Unterscheidungsmerkmale dienen können. Desgleichen kommen Gummikanäle z. B. bei den *Vochysiaceen* vor und bei *Astragalus* ganze Desorganisationsheerde; ferner verdienen auch Sklerenchymfasern[4]) *(Nerium)* Beachtung. Beim Vorhandensein bicollateraler und markständiger[5]) Gefässbündel zeigen sich sogar Phloëmgruppen oft von ziemlicher Ausdehnung mit Siebröhren und Hornbast an der Grenze oder innerhalb des Markes. Letztere Verhältnisse sind wiederum für bestimmte Familien z. B. die der *Melastomaceen, Solaneen, Asclepiadaceen, Apocyneen, Vochysiaceen*[6]) u. s. w. charakteristisch, weshalb die Bedeutung der Markstruktur noch mehr hervortritt.

Es kann demnach die von Gris aufgestellte Uebersicht der Marktypen noch lange nicht als erschöpfend angesehen werden. Doch wegen Mangels an Material und des Umfanges der hierfür nöthigen Arbeiten konnte auch der Verfasser nicht weiter an deren Vollendung arbeiten; er muss sich damit begnügen, auf die vorhandene Lücke hiermit aufmerksam gemacht zu haben. Da es aber dem Verfasser gelungen war, innerhalb der Marksysteme verschiedener Holzpflanzen noch Unterschiede physiologischer Natur, welche sich auf besondere Lebensäusserungen beziehen, und welche ihn zur obigen Bezeichnung des normalen und anomalen Markes führten, aufzufinden, so suchte er seine Aufgabe darin, zunächst diese Unterschiede im

[1]) l. c. p. 127, 182. [2]) l. c. p. 161. [3]) Schacht, l. c. II. p. 50.
[4]) Schacht, l. c. p. 51. II. [5]) De Bary, l. c. p. 259, 351.
[6]) Bot. Ztg. 1882. p. 724.

Einzelnen zu erläutern und sodann die Frage zu entscheiden, wodurch es komme, dass bei den einen Holzpflanzen das Marksystem vollständig erhalten bleibt, bei den andern theilweise, bei noch anderen völlig vernichtet wird und andererseits bei vielen Pflanzen der zerstörte Theil durch Neubildungen theilweise wieder ersetzt wird.

Unter die Pflanzen, welche dergleichen bedeutende Abweichungen im Markgewebe darbieten, gehören nun *Ribes rubrum, R. grossularia, R. aureum, R. nigrum, R. Altaica, Ampelopsis quinquefolia, Lycium barbarum* und *Solanum Dulcamara;* desgleichen auch *Pterocarya caucasica*, *Evonymus europaeus* und *Lonicera.* Letztere drei Pflanzen wurden schon von Gris untersucht, aber dieser Forscher betrachtete nur den fertigen Zustand ihrer Markgewebe, für uns handelt es sich zunächst auch darum, zu ermitteln, auf welche Weise die Markformen jener Pflanzen zu Stande kommen; es wird sich dann zeigen, dass gewisse Analogien im Verhalten dieser letzteren und der anderen genannten Species zu beobachten sind, dass Vernichtung und Neubildung oder Wachsthum auf eine gemeinsame Ursache, d. i. Beschaffenheit der Markzellsubstanz, zurückgeführt werden können.

II. Bau und Eigenschaften des Markes einzelner Pflanzenarten.

Pterocarya caucasica.

Schon Schacht[1]) ebenso Hartig[2]) erwähnen, dass bei den *Juglandineen* das Mark zu Lücken auseinander trete und dass dieser Vorgang lediglich eine Folge des Vertrocknens sei, ebenso wie bei gewissen *Gramineen* der Halm durch Vertrocknen des Binnengewebes hohl werde. Untersucht man die bei *Pterocarya caucasica* auftretenden Querscheiben, so zeigt es sich, dass dieselben keine regelmässige Struktur besitzen, sondern nur aus einem Haufen übereinanderliegender, vertrockneter, Zellwände bestehen, deren Gesammtmasse ein papierartiges Blättchen bildet. Diese Membranen, quer durch den innerhalb des Holzcylinders befindlichen Raum aufgespannt, folgen einander in kleinen aber nicht regelmässigen Zwischenräumen und theilen den an Stelle des Markes sich vorfindenden Hohlraum in eine grosse Zahl übereinanderliegender, lufterfüllter Kammern. Die Zierlichkeit, welche das Innere der Zweige dadurch gewinnt und die stete Gleichförmigkeit des Aussehns lässt den Wunsch rege werden, die Umstände zu erfahren, unter denen ihre Bildung vor sich geht. Dazu ist es nothwendig, jüngere Altersstadien der Triebe von *Pterocarya caucasica* zur Untersuchung heranzuziehen, denn der erwähnte Zustand des Markes zeigt sich erst in den völlig ausgewachsenen, schon aus dem Stadium der Streckung herausgetretenen Internodien. In den etwas jüngeren Stengeltheilen findet man alle möglichen Uebergänge bis zur Bildung der besprochenen Kammern, in den allerjüngsten Sprosstheilen ist dagegen das Gewebe des Markes noch homogen und zusammenhängend, Tab. I. Fig. 1 u. 2.

Dort bietet dasselbe eine äusserst gleichförmige Beschaffenheit; es ist aus tafelförmigen, übereinanderstehenden Zellen aufgebaut, welche in der Axe des Markprismas der allgemeinen Regel zufolge einen

---

[1]) l. c. p. II. 51. [2]) l. c. p. 182.

grösseren Breiten- und auch Längendurchmesser besitzen wie am Rande. Für die einzelne Zelle beträgt der Längendurchmesser circa 1/3 des Breitendurchmessers. Bei der Streckung theilen sich die Markzellen vorwiegend nur durch horizontale Wände, in der Breitenrichtung nehmen sie dagegen durch Flächenwachsthum zu, so dass nach den älteren Internodien hin die Zahl der Zellen im Durchmesser des Querschnitts nicht bemerkbar zunimmt. Neben den gewöhnlichen Markzellen beobachtet man auch solche, welche neben etwas Protoplasma noch Krystalle oder Drusen enthalten; diese Zellen zeigen in den jüngsten Internodien sehr häufig eine Abgrenzung oder Theilung durch Bildung von Longitudinalwänden in kleinere Kammern, Tab. I. Fig. 1; es ist dies eine Erscheinung, welche man bei Krystallzellen öfters findet, z. B. ebenfalls im Mark von *Castanea vesca, Carpinus betulus*.

So wurde auch schon von De Bary[1]) constatirt, dass der Inhalt der jugendlichen Parenchymzelle sich bisweilen durch eine Cellulosemembran oder Cellulosebalken von dem in ihr gebildeten Krystallkörper abgrenzt. In den durch jene Trennungswände abgeschiedenen engen Krystallbehältern, welche in einzelnen Längsreihen das Mark von *Pterocarya* durchsetzen, zeigt sich nur in der jüngsten Zeit plasmatischer Inhalt; sie werden nämlich bald und zwar weit früher als die andern Markzellen inhaltsfrei. Während die letzteren bei der Streckung noch neue Querwände bilden, ist dies bei jenen seltener der Fall; sie sind daher zum Unterschiede von den produktiven Markzellen länger, aus dem oben angegebenen Grunde, der Theilung durch Längswände, aber auch schmäler, Tab. I. Fig. 6; ursprünglich besassen aber die Krystallzellen ganz dieselbe Breite und Länge wie die sie umgebenden Markzellen.

Ich stellte einige Messungen an und fand z. B., dass vier aufeinanderfolgende Krystallzellen eine relative Länge von 25, 18, 15, 20 besassen, während ebensoviel ausgewachsene Markzellen 10, 9, 8, 11 betrugen. Haben die Internodien ihr Längenwachsthum beendigt, so treten die ersten Spuren einer Fächerung des Markes auf. Dass dieselbe erst zu dieser Zeit, also nach eingetretener Verholzung des Gefässbündelringes, bemerkbar wird, ist ein Beweis dafür, dass die Kammerung resp. Zerreissung des soliden Markes nicht etwa durch einen in der Längsrichtung des Sprosses erfolgenden Zug der peripherischen Gewebe zu Stande kommt. Ein solcher würde ja auch der Bedeutung

---

[1]) De Bary, l. c. p. 147.

des Markes entgegen sein, welches ja nach Pfeffer[1]) und Sachs[2]) selbst dehnend auf andere Gewebe einwirkt.

Zur genannten Zeit finden sich in der Axe des Markcylinders und zwar zunächst in der Mitte der Internodien, später in verschiedener Höhe der Stengelstücke einzelne Zellen ohne Plasma und Kern, Tab. I. Fig. 3.

Auch der Zellsaft schwindet. Ihre Wandung zeigt nicht mehr die frühere von parallelen Linien begrenzte, glatte Form, sondern anfangs den Durchschnitt einer biconcaven Linse, darauf ein welliges, von oben und unten her eingestülptes Aussehn. Da diese absterbenden Elemente nicht vereinzelt angetroffen werden, sondern sich häufig zu mehreren in der Querrichtung, also seitlich, aneinanderreihen, so bilden sie auf diese Weise Querzonen (Tab. I. Fig. 3b.) zusammengedrückter Zellen, welche einen geringeren Raum einnehmen, als in ihrem früheren, turgescenten Zustande, Tab. I. Fig. 3 u. 4. Diese Platzverminderung wird beträchtlicher, wenn die zusammenfallenden Zellen nicht blos in einfacher Horizontalschicht, sondern wie es bald geschieht, mehrreihig in der Längsrichtung auftreten. Damit im Zusammenhange steht eine andere Erscheinung. Die in ihrer Nachbarschaft, d. h. oben und unterhalb befindlichen Zellen, welche zu dieser Zeit ihren Inhalt noch behalten, werden dadurch veranlasst, ihren Turgor in der Richtung des frei gewordenen Raumes wirken zu lassen. Vermöge desselben wölben sich diese nun nach den sich immer mehr zusammenziehenden, enger werdenden, Nachbarzellen aus. Tab. I. Fig. 3 u. 4a.

Das ganze Marksystem besteht somit, abgesehen von der Markscheide, aus Gruppen oder Bändern collabirender (resp. eingedrückter) und noch wachsender Elemente, welche schichtenweise übereinanderliegen, daneben noch aus Markzellen von ursprünglichem Aussehn. Je länger aber dieser Zustand dauert, umsomehr Zellen verlieren ihren Inhalt, schliesslich sind es nur wenige Zellen, welche sich in horizontalen Ebenen lebend erhalten.

Diese bieten auf dem Längsschnitt meistens die Form von Ellipsen, welche oft sogar Kreisgestalt annehmen, in dem Maasse nämlich, als sie fortwachsen und rings um sie herum der Gegendruck aufhört. Diese wenigen Zellen, welche ursprünglich tafelförmig und von demselben mittleren Längendurchmesser von 29 Mikrom. wie die übrigen

---

1) Pfeffer, Pflanzenphysiologie. II. p. 33.
2) Sachs, l. c. p. 772.

jetzt collabirten Elemente waren, werden auf beschriebene Weise stark nach Aussen gewölbt oder durch ihren Turgor selbst zu kugelförmigen Körpern ausgedehnt, welche das Dreifache des früheren Längendurchmessers erreichen können, Tab. I. Fig. 3. Ich fand dergestalt aufgetriebene Zellen, welche 58 und selbst 73 Mikromillimeter und darüber lang waren. Der Breitendurchmesser bleibt aber derselbe, da sie mit einander in seitlichem Zusammenhange stehen und nach dieser Richtung hin an der Ausdehnung gehindert werden.

Die collabirenden Zellen üben nun, indem sie vertrocknen und immer näher aneinander rücken, auch einen gewissen Zug auf jene stark vergrösserten Elemente aus. Dies sowohl wie der Umstand, dass jene ihr Wachsthum endlich erschöpft haben und ebenfalls Plasma und Zellsaft verlieren, führt schliesslich eine Trennung des Markes grade innerhalb der Region der stark vergrösserten Zellen herbei. Tab. I. Fig. 4 u. Fig. 6. Ihre Wandungen, nach oben und nach unten hin gedehnt, vertrocknen und zerreissen.

Auf diese Weise entstehen grosse, auf dem Längsschnitt elliptische, im Raume daher linsenförmig erscheinende Lücken, deren Inhalt Luft ist.

In den anfangs oft noch breiten Schichten des Markgewebes, welche die ersten der so entstandenen Höhlungen von einander trennen, wiederholt sich derselbe Prozess. Auch in diesen findet man noch mehrere besonders gross werdende Einzelzellen, die in derselben Weise das Mark zertheilen. Die zuerst noch kleinen Luftlücken vergrössern sich durch Absterben und Vertrocknen der Nachbarzellen, auch der peripherischen, sehr rasch, so dass schliesslich, wenn alle Feuchtigkeit verschwunden ist, vom ganzen Mark nur weisse elastische Blättchen übrig bleiben, welche aus Haufen zusammengetrockneter Zellwände bestehen und rechtwinklig zur Längsachse des Sprosses gestellt sind.

Im jungen Mark von *Pterocarya caucasica* finden sich, wie schon erwähnt, noch einzelne Längsreihen kleiner, oxalsauren Kalk enthaltender, Zellen. Diese spielen bei dieser Pflanze hinsichtlich der Art des Hohlwerdens keine Rolle, sie werden nur passiv mit in den Zusammenfall des Gewebes hineingerissen und finden sich später in den soliden Diaphragmen unregelmässig gelagert wieder vor.

Bei *Pterocarya* wirken also bei der so regelmässig aussehenden Kammerung des Markes zwei Ursachen zusammen. Einerseits verlieren die platten, tafelförmigen Zellen nicht sämmtlich zu gleicher Zeit ihren Inhalt, sondern nur allmählich und zonenweise, auch behalten sie beim Absterben nicht ihr früheres Volumen inne; andererseits zeigen sich zwischen solchen Zonen in horizontalen Ebenen noch bedeutend wachsthumsfähige Elemente. —

Wenn aber die Wandungen der Markzellen zusammenschrumpfen können, so liegt dieses allein an der weichen Beschaffenheit der Membranen. In der That besteht bei *Pterocarya caucasica* das Markgewebe zur Zeit der Kammerbildung aus noch nicht verholzter Cellulose. Es wurde durch Chlorzinkjod blauviolet und durch Jod und Schwefelsäure rein blau gefärbt, durch Kupferoxydammoniak löste es sich allerdings nur nach vorheriger Maceration mit verdünnter Salpetersäure. Nur die Randzellen, welche als Markscheide sich alljährlich mit Stärke füllen und im Frühjahr wieder entleeren, bestehen aus verdickten und schon zeitig verholzten Zellen. Schacht[1]) bemerkt, dass die Verholzung einer Membran mit dem Leben der Zelle zusammenhänge und durch dasselbe bewirkt werde; ohne Einfluss der Lebensthätigkeit trete keine Verholzung einer Cellulose-Membran ein. Dafür giebt auch *Pterocarya* einen Beweis, indem die Diaphragmen, d. i. die abgestorbenen Zellwände, auch in vieljährigen Zweigen dieselbe Cellulose-Reaction wie anfangs darbieten, also nach dem Absterben keine chemische Veränderung mehr erfahren haben. Mitunter finden sich auch mitten im Mark dieser Pflanze einzelne verdickte und verholzte Elemente oder Gruppen derselben, namentlich an der Basis langsamer wachsender Sprosse; diese widerstehen der Diaphragmenbildung und zeichnen sich besonders durch unregelmässig gestellte und zahlreicher als in den übrigen Markzellen gebildete Theilungswände aus, Tab. I. Fig. 5.

Lonicera.

Gris giebt richtig an, dass bei dieser Gattung dicht unter dem Vegetationskegel, obwohl dort der Spross noch keine weitere Dicke erreicht hat, das centrale Gewebe des Markes verschwinde. Wie der Verfasser beobachtete, besteht dieser Theil des Markes nur aus engen Krystall führenden Zellen, welche für sich in mehrfachen Längsreihen und dicht gedrängt den Kern des Markgewebes bilden, und deren plasmatischer Inhalt und Zellsaft schon sehr früh in die benachbarten Gewebe übergeht. Dadurch sterben dieselben ab, fallen ein, zerreissen beim Zusammentrocknen und bilden auf diese Weise eine centrale Höhlung. Die Membranen dieser Krystallzellen sind nämlich sehr dünn und bläuen sich intensiv mit den Jodhaltigen Zellstoff-Reagentien. Auch die Zellen des umliegenden Markgewebes besitzen zu dieser Zeit noch ebensolche Membranen. Allein sie verhalten sich

[1]) l. c. p. 48. I.

verschieden; der Inhalt dieser peripherischen Zellen bleibt erhalten, die Zellen selbst sind sogar noch einige Zeit, nämlich während der noch stattfindenden Streckung, theilungsfähig, der Inhalt der Krystallzellen ist dagegen schon zeitig verloren gegangen. Erstere wachsen somit noch fort und verholzen sogar später, letztere haben die Grenze ihres Wachsthums bald erreicht, sie collabiren und verursachen durch ihr Zerreissen inmitten des Triebes bei ihrer grossen Menge das Hohlwerden des Stengels. Man findet noch in späteren Jahren die zackigen Spitzen der Krystalldrusen, oft von zarten Cellulose-Häutchen umgeben, an der Innenseite der von dem länger lebensthätigen Markgewebe gebildeten Röhre hängen. — Die Krystallkammern zeigen also hier eine bedeutend kürzere Lebensdauer, als die übrigen Zellen des Markes, welche letztere mit der Zeit noch stark verholzte Wandungen bilden und erst lange nach der Streckung leer werden. Demnach befinden sich im Mark von *Lonicera* zwei Arten von Zellen, deren physiologische Bedeutung und Eigenschaften sehr von einander abweichen.

Die Ribes-Arten.

Eingehend studirt wurden von diesen namentlich *Ribes rubrum* und *R. Grossularia*. Als der Verfasser während der Winterruhe ein- und mehrjährige Zweige dieser Pflanzen untersuchte, fand er das Markgewebe derselben von eigenthümlichen Lücken durchzogen, welche eine grössere Ausdehnung in der Länge als in der Breite des Internodiums zeigten, Tab. II. Fig. 23 u. 24. Am Rande dieser grossen lufterfüllten Räume nahm man besonders in den jüngeren Zweigen und Stammtheilen — hier und dort kleine Krystalldrusen wahr, welche einzeln oder gruppenweise, von zarter Haut umkleidet, unregelmässig angeheftet waren; ebenso hingen noch Fetzen sehr dünner Membranen da und dort in das Lumen des Luftraumes hinein.

Es schien keinem Zweifel zu unterliegen, dass diese leeren Zwischenräume durch Verschwinden resp. Resorption eines dazwischen befindlich gewesenen Gewebes entstanden waren. Um dies zu ermitteln, verschaffte ich mir im Frühjahr junge Sprosse von *Ribes rubrum* und *Grossularia* und stellte mir eine Reihe successiver Längs- und Querschnitte her. Tab. II. Fig. 17—22.

In dem allerjüngsten schon differenzirten Internodium findet sich das Marksystem wie bei *Pterocarya caucasica* aus Chlorophyll führenden, gleichmässig gebauten und regelmässig geordneten Zellen zusammengesetzt, welche bis auf die schon anfangs hervorgehobenen

Unterschiede der peripherischen Zellen unter sich auch in der Grösse ziemlich übereinstimmen. Einzelne der Zellen zeigen schon zu dieser Zeit stark licht- und doppelt-brechende, deutlich begrenzte Stäbchen oder rhombische Formen von Kalkoxalat neben Zellkern und Protoplasma, welches letztere aber hier in einer etwas geringeren Menge vorhanden ist, als in den sie umgebenden krystallfreien Zellen, Tab. II. Fig. 17a. Diese ersteren, das Kalksalz enthaltenden, Elementarorgane zeichnen sich in der Folge vor allem durch stärkere Grössenzunahme aus, da sie schon im nächst folgenden Internodium die benachbarten Markzellen in der Breite, besonders aber in der Länge übertreffen, Tab. II. Fig. 21. Die Längenzunahme jedoch gegenüber den übrigen Markzellen besteht darin, dass die Krystallzellen bei der Streckung sich nicht mehr, wie die übrigen Markelemente es thun, oder wenigstens weit seltener, durch horizontale Wände theilen (vielleicht aus Mangel an Bildungsstoffen), sondern dem allgemeinen Wachsthum des Internodiums nur durch Dehnung und Flächenwachsthum ihrer Wände folgen. — Auch [1]) dieses Verhalten der Krystallzellen, nämlich geringere Theilungsfähigkeit und grösseres Flächenwachsthum fand ich wiederholt z. B. noch bei *Lycium Barbarum, Ledum palustre.* Es zeigt sich ferner nach einiger Zeit, dass in diesen krystallführenden Zellen der protoplasmatische Inhalt und der Zellkern vollständig verschwunden ist und dass sie auch den Zellsaft zu verlieren beginnen, Tab. II. Fig. 18. Ihre Wände nehmen nicht mehr völlig den früheren Raum ein, sie stülpen sich ein und lösen sich an manchen Stellen von den übrigen turgescenten Markzellen ab. Dort, wo sie in Reihen übereinanderstehen, was grösstentheils der Fall ist, löst sich auch ihr gegenseitiger Zusammenhang in der Längsrichtung. Schliesslich vertrocknen sie ganz und gar, zerreissen und umschliessen mit ihren Membranen theilweise die ursprünglich in ihnen gebildeten Krystalldrusen, welche sich darauf hier und da vermöge ihrer scharfen Spitzen an die Wand des dermassen gebildeten Luftraumes anhängen. Man findet sie dort noch lange Zeit in den nächstfolgenden Alterstadien der Pflanze, Tab. II. Fig. 25. Bei einem sechsjährigen Stammstücke von *Ribes rubrum* gelang es indessen nicht mehr, sie wahrzunehmen.

Die Luftbehälter, ursprünglich von der Breite der an ihrer Stelle vorher befindlich gewesenen Krystallzellen, werden jedoch in der Folge immer noch breiter und zwar so lange, als das Breitenwachsthum [2]) des Markes andauert.

---

[1]) Siehe oben p. 12. Amerkung 1.

[2]) Sachs, l. c. p. 773, 774.

Für die nächstliegenden, noch inhaltführenden, Markzellen zeigt sich die Folge der Entstehung langer Lufträume darin, dass diese mittelst des in ihnen bestehenden Turgors ihre freien Wandstücke hervorwölben. Wo dieselben nach verschiedenen Seiten hin keinen Gegendruck erfahren, runden sie sich ab; es erscheinen dann auf dem Längsschnitte einzelne freistehende Zellreihen wie perlschnurartig aus Einzelgliedern zusammengereiht, Tab. II. Fig. 21—24. Da nun diese produktiven Markzellen, in Längsreihen angeordnet, mit den langen und breiten Luftbehältern abwechseln, so gewinnt dadurch das Mark auf dem Querschnitte ein netzförmiges Aussehn, Fig. 23, 25.

In diesem Stadium zeigt das Mark von *Ribes rubrum*, *Grossularia*, *aureum*, *nigrum*, *Altaica*, Aehnlichkeit mit dem Markgewebe gewisser *Rhodoraceen*, z. B. *Ledum*, bei welchem ebenfalls grosse lufterfüllte, aber in ihrer Form bestehen bleibende, Krystallkammern reihenweise mit kleinen produktiven Zellen abwechseln. Allein es findet sich doch ein bedeutender Unterschied. Die produktiven Zellen der *Rhodoraceen* sind nämlich verdickt und verholzt, ausserdem auf dem Längsschnitt meist polyedrisch, während diejenigen der *Ribes*-Arten sich abgerundet zeigen und sich vor Allem durch die Beschaffenheit ihrer Membranen unterscheiden, sowie durch die Fähigkeit, sich weiter zu theilen.

Die Wände der produktiv bleibenden Markzellen von *Ribes* nehmen zwar mit dem Alter noch an Dicke zu, doch erreichen sie selten diejenige der meisten Pflanzen mit homogenem Mark, also ebenfalls auch nicht die des gemischten Markes von *Ledum;* dabei besitzen sie ein gleichförmiges, stark lichtbrechendes Aussehn, grosse Weichheit und Quellungsfähigkeit. Messungen, welche der Verfasser anstellte, ergaben eine durchschnittliche Dicke derselben von 2,5 Mikrom. sowohl für ein- als sechsjährige Aeste von *Ribes rubrum,* eine solche von 5 Mm. für die meisten der lebensthätigen Zellen aus dem *Ledum*-Mark, von 5—7 Mm. für Markzellen von *Castanea, Quercus, Carpinus Betulus.*

Ganz besonders zeichnen sich die Markzellen von *Ribes* wie eben erwähnt dadurch aus, dass sie auch in späterem Alter noch theilungsfähig bleiben. Während bei den andern Holzpflanzen fast nur in den allerjüngsten Internodien, später nur hin und wieder Theilungen durch Längswände, im ausgewachsenen Zustande solche aber gar nicht mehr beobachtet werden, sind derartige Zellvermehrungen bei den *Ribes*-Arten selbst nach vollendeter Streckung, in einjährigen sowohl wie in vieljährigen Zweigen, eine fortdauernde und gewöhnliche Erschei-

nung. Die Theilungen erfolgen in horizontaler wie in vertikaler Richtung, am deutlichsten treten aber letztere hervor, Tab. II. Fig. 25.

Auf solche Weise wird in den älteren Internodien die Anzahl der produktiven Zellen auf dem Querschnitt eine grössere als sie es in den jüngeren war. Die von der Resorption der Krystallzellen herrührenden Lücken werden durch solches nachträgliches Wachsthum der Markzellen immer kleiner und können schliesslich durch neues Gewebe fast ausgefüllt werden, ein Vorgang, den Verfasser namentlich bei einem sechsjährigen Stamminternodium von *Ribes rubrum* wahrnahm. Diese secundäre Ergänzung von Zellcomplexen im Innern des Markes ist auf die Struktur desselben von wesentlichem Einfluss. Man findet diese durch Theilung oder Abschnürung und weiteres Wachsthum vieler Zellen unregelmässig geworden und dies umsomehr, je älter der betreffende Stammtheil ist.

Im Gegensatz zu dem sehr regelmässig gebauten Mark junger Internodien finden sich später recht oft kleine und grosse Zellen, ebenso wie verschiedene Formen derselben unmittelbar nebeneinander, Tab. II. Fig. 23 u. 25.

Wie *Ribes rubrum* verhielten sich auch *R. Grossularia, aureum, nigrum, Altaica;* letztere drei Pflanzen zeigten jedoch noch dünnere Membranen als die ersteren. Es wird dadurch der Unterschied zwischen diesen und den übrigen Pflanzen mit homogenem Markgewebe (Gris) noch mehr hervorgehoben.

Wie wir sehen, bewirken also bei den *Ribes*-Arten sowohl der Umstand, dass das ursprüngliche Gewebe stellenweise vernichtet und dadurch Platz geschaffen wird, sowie besondere dem Plasma und namentlich der Zellwand innewohnende Eigenschaften eine Veränderung der Markstruktur, welche solange andauern kann, als es überhaupt im Mark noch lebensthätige Zellen giebt. Bei *Ribes* besitzen die Wände aller Markzellen die gleichen physikalischen und chemischen Eigenschaften.

Evonymus europaeus.

Auch bei dieser Pflanze ist das Markgewebe in der Jugend mit der bekannten Regelmässigkeit gebaut, (nämlich zusammengesetzt aus von der Peripherie nach dem Centrum hin allmählig grösser werdenden Zellen). Im eben ausgewachsenen Zustande schon, besonders aber in mehrjährigen Zweigen, weichen die Elementarorgane von einander oft sehr beträchtlich in der Grösse ab. Für sich betrachtet

besitzen die einzelnen Markzellen nach den verschiedenen Richtungen hin einen ziemlich gleichen Durchmesser, mitunter erscheinen sie sogar in der Längsrichtung des Stengels gestreckt, Tab. II. Fig. 14.

In dem älteren Gewebe finden sich nur wenige, oft sehr grosse Krystall-Drusen eingestreut, aber stets sind an ihrer Lagerungsstelle die Zellen, welche sie ursprünglich enthielten, eingetrocknet und zerstört und dadurch grosse langgestreckte Gewebelücken entstanden, Fig. 14. Aehnlich verhielten sich auch an vielen Stellen die benachbarten Zellen, so dass man dort das ursprünglich solide Markgewebe zwar nicht immer zerrissen, aber die Zellen desselben leer und mit eingedrückten Wänden findet.

Der Inhalt dieser Zellgruppen ist verschwunden, doch besitzen die Membranen noch so viel Widerstand, um sich als Gerüst zu erhalten, Fig. 13, 15, 16.

Da das Auftreten der Lufträume bei dieser Pflanze nicht dieselbe Regelmässigkeit wie bei den *Ribes*-Arten besitzt, so gewährt das Mark je nach der Stelle, von der man einen Querschnitt nahm, einen verschiedenartigen Anblick. Die Lücken sind oft sehr lang und ebenfalls von herabhängenden Fetzen zerrissener Membranen begrenzt und ausgekleidet.

Was das weitere Verhalten betrifft, so zeigt das Mark von *Evonymus europaeus* viel Aehnlichkeit mit dem *Ribes*-Mark. Auch hier findet noch spätes Wachsthum und Theilung vieler Zellen, doch viel weniger ergiebig, statt; man trifft dann öfters in alten Aesten dieser Pflanze ganze Zellennester als Neubildungen an, Tab. II. Fig. 16. Es zeigen sich dann auch oft die verschiedensten Grössen der Elementargebilde dicht nebeneinander, Fig. 15, 16. Desgleichen finden sich die Zellen fast immer abgerundet und an denjenigen Stellen von fast kugeliger Gestalt, wo schon früh der Gegendruck verschwand und sie sich frei ausdehnen konnten, Fig. 16. Die Wandstärke dieser produktiven Markzellen ist gering und erreicht noch nicht diejenige der *Ribes*-Zellen, wenn diese völlig ausgebildet sind.

Das Mark von *Evonymus europaeus* bleibt lange lebensthätig, ich fand es in siebenjährigen Zweigen noch frisch und veränderungsfähig; stirbt es aber bei Zutritt von Feuchtigkeit und Luft ab, so sinkt das ganze Gewebe zusammen, der Stengel wird rasch hohl, wie es in diesem Falle auch bei der Gattung *Ribes* geschieht; man kann dies sehr häufig an Schnittflächen von ein- und mehrjährigen Alter wahrnehmen.

Die Ursache der Bildung grosser, der Längsrichtung folgenden, Luftlücken ist bei *Evonymus* ebenfalls zunächst das Vorhandensein

von Krystallschläuchen, deren Wand schon sehr früh eingestülpt wird und während der Streckung des Sprosses zerreisst. Ich fand auf diese Weise entstandene Lücken schon in den ersten deutlich erkennbaren Internodien. Der Einfluss dieser Lücken auf das benachbarte Gewebe ist bei *Evonymus* derselbe wie er bei der Gattung *Ribes* geschildert wurde.

Wir sehen also, dass es bei drei der bisher betrachteten Pflanzen, nämlich *Lonicera, Ribes, Evonymus europaeus* jedesmal die Eigenthümlichkeit der Krystallzellen ist, welche eine Zertheilung des Gewebebaues verursacht. Diese verlieren in allen erwähnten Fällen schon sehr zeitig ihren Inhalt und werden zerstört, ehe ihre Wandungen die nöthige Festigkeit erlangt haben. Dies Absterben tritt bei manchen Pflanzen sehr früh, bei den meisten später ein. Bei *Ribes* vermögen sie z. B. dem Wachsthum des Stengels noch eine gewisse Zeit, allerdings ohne Bildung neuer Querwände, zu folgen, sie erreichen dann eine besondere Grösse. Bei *Lonicera* aber, wo sie massenhaft beisammen liegen und einen nur aus Krystallkammern zusammengesetzten Kern bilden, thun sie dies nicht mehr, sondern sterben schon dicht unter dem Vegetationskegel ab.

Ampelopsis quinquefolia.

Das Markgewebe von *Ampelopsis quinquefolia* ist wie das der vorigen Pflanzen in der Jugend ein regelmässig zusammengesetztes Parenchym, dessen Zellen im ausgewachsenen Zustande, also nach dem Aufhören der Streckung und des Breitenwachsthums im Mark, gross und breit tafelförmig sind; zwischen sich vertheilt führen sie grosse Schleimbehälter, Tab. I. Fig. 7, 8.

Die Mehrzahl der untersuchten Zweige war innerhalb des Markgewebes frei von Oxalat-Krystallen, in einigen fand ich Raphiden, seltener beobachtete ich Drusen.

Schon im Herbst, besonders aber beim Beginn der zweiten Vegetationsperiode, zeigt sich im ausgewachsenen Triebe dieser Pflanze, dass aus irgend einer Ursache zwar nicht ganze Zellreihen wie bei *Ribes,* aber doch einzelne Zellgruppen und zwar theils solche in directer Nähe der Schleimbehälter, theils solche aus der übrigen Gewebsmasse ihren körnigen Inhalt und Zellsaft verlieren und zusammenfallen, Tab. I. Fig. 9, 10a.

Daneben sieht man eine Abrundung der nächststehenden und ein deutliches Auswachsen derselben nach der entstandenen Gewebslücke hin, Tab. I. Fig. 10b. Zu gleicher Zeit bietet die Mehrzahl der

übrigen produktiven Zellen, deren Inhalt sich erhält, eine andere bemerkenswerthe Erscheinung; sie bilden fast sämmtlich neue Theilungswände in der Längsrichtung des Stengels, jedoch nach den verschiedenen Radien und vermehren dadurch die Anzahl der Zellen des Querschnitts fast um das Doppelte, indem aus einer jeden Mutterzelle zunächst zwei sich abrundende Tochterzellen hervorgehen, Tab. I. Fig. 9, 10. Dadurch, dass ganze Reihen übereinanderstehender Zellen dieselbe Theilung und in gleichem Sinne erleiden, bleibt die Regelmässigkeit der ursprünglichen Anordnung ziemlich bestehen. Wie aus der Existenz dieses secundären Theilungsaktes hervorgeht, sind die Breitendurchmesser der Markzellen im zweiten Jahre durchschnittlich um die Hälfte kleiner als die der vollkommen ausgewachsenen in der ersten Vegetationsperiode, vergl. Fig. 8 u. 11. Später aber differiren auch hier wie bei *Ribes* die Einzelzellen, welche ursprünglich von der Peripherie nach dem Markcentrum hin nur eine allmähliche Grössenzunahme darboten, bald sehr in der Grösse, es finden sich später z. B. schon in zweijährigen Zweigen vielfach sehr grosse und ganz kleine Zellen in unmittelbarer Nachbarschaft, Tab. I. Fig. 11. Diese Erscheinung erklärt sich ebenfalls wie bei den vorher erwähnten Pflanzen hinreichend durch das thatsächlich noch vorhandene Flächenwachsthum, sowie durch stellenweise wiederholte Bildung neuer Scheidewände in den Zellen. Flächenwachsthum beobachtet man namentlich dort, wo der Raum eine Ausdehnung von Membranstücken gestattet. —

Das Mark von *Ampelopsis quinquefolia* besitzt keine lange Lebensthätigkeit, die Wandungen der Zellen bleiben dünn und erreichen nur eine mittlere Dicke von 1—1,5 Mikrom. Die Zahl der absterbenden Zellen nimmt im zweiten Jahre schon beträchtlich zu, im dritten resp. vierten Jahre fand ich oft das Markgewebe bereits ganz abgestorben; die anfänglich erwähnten Schleimbehälter haben dagegen schon weit früher ihren Inhalt und damit auch ihre Form verloren. Hat das Mark seine Aufgabe erfüllt, so sinkt das gesammte Gewebe zwar nicht ganz und gar zusammen, wie es bei der einzelnen Zelle geschah, sondern es erhält sich quer durch den Stengelhohlraum aufgespannt und bildet stellenweise ähnliche Diaphragmen und Kammern, wie wir sie bei *Pterocarya* kennen lernten; die Umrisse der einzelnen Markzellen aber verschwinden oft gänzlich in der aus abgestorbenen Zellen und deren Häuten bestehenden Masse, Tab. II. Fig. 12.

Hierbei ist zu erwähnen, dass Verfasser auch bei der verwandten *Vitis vinifera* in einem einjährigen Stengel ebenfalls eine Kammerung durch blattartig zusammengetrocknete Reste der Zellmembranen

fand. Letztere Pflanze zeigt sonst diese Erscheinung nicht, sondern besitzt ein typisch heterogenes Mark, dessen Peripherie oder Markscheide Stärke führende, dessen Centralcylinder leere Zellen mit starren widerstandsfähigen Membranen besitzt. In diesem Ausnahmefall aber wurden die Zellwände von *Vitis* durch Chlorzinkjod gebläut, was bei *Ampelopsis* immer der Fall ist. Es zeigte sich dadurch, dass die Verholzung der Markwände in dem betreffenden Zweige der Weinrebe noch nicht eingetreten resp. noch nicht weit genug fortgeschritten war, als die Zellen schon ihr Leben verloren und dass mit dem Ausbleiben der Verholzung die Bildung von Querfächern in Zusammenhang gebracht werden muss.

Wenn es bei den vorher behandelten Pflanzen vorzugsweise die Krystallzellen waren, welche zuerst ihren Inhalt verloren und abstarben, so sind es bei *Ampelopsis quinquefolia* scheinbar ganz beliebige; die Zahl derselben nimmt mit dem Alter des Sprosses beständig zu, bis das ganze Markgewebe vernichtet ist.

Lycium barbarum

besitzt gleichfalls ein grosszelliges Mark, dessen Einzelzellen sich am Schlusse der ersten Vegetationsperiode oder schon früher, aber vielfach auch noch im zweiten Jahre von neuem und zwar in longitudinaler Richtung theilen. Die so entstandenen Tochterzellen wölben sich nachträglich aus, so dass man z. B. in mehrjährigen Zweigen aus Querschnittsbildern keinen deutlichen Anhalt mehr für die nachträglich erfolgten Theilungsvorgänge gewinnt. Doch erkennt man dies in solchen Zweigen immer daraus, dass die späteren Markzellen durchschnittlich den halben Durchmesser ihrer Mutterzellen besitzen, wie es auch bei *Ampelopsis* der Fall war. Man trifft auch bei *Lycium barbarum* einzelne Gewebelücken an, welche in der Regel noch einen dunklen Körper enthalten, meist ein trauben- oder keulenförmiges Aggregat kleiner Krystalle. In einem fünfjährigen Stammstücke fand Verfasser sogar in jeder der noch mit Zellkern und Protoplasma versehenen Zelle einen mehr oder weniger dichten Wandüberzug von denselben kleinen Krystallen und daneben oft zahlreiche Stärkekörner.

Auf Zusatz von Mineralsäuren lösten sich diese Krystalle ohne Gasentwicklung, beim Verbrennen eines Markquerschnitts blieben sie ohne Formveränderung zurück und lösten sich alsdann auf Zusatz von Schwefelsäure unter lebhafter Gasentwicklung (CO^2), wobei an ihrer Stelle sich alsbald hübsche Nadeln ausschieden. Der ursprüng-

liche Krystallkörper war demnach ein organisches Kalksalz, wahrscheinlich oxalsaurer Kalk, welcher durch Glühen in kohlensaurem Kalk und durch Schwefelsäure in Gyps verwandelt wurde. Beim Auflösen der ursprünglichen Krystalle in Salzsäure und nachherigem Wiederabscheiden mittelst Ammoniak erhielt Verfasser in der That auch unter Anderem die bekannte Briefcouvert-Form des kleesauren Kalkes.

In den jüngeren Internodien von *Lycium barbarum* zeigt sich das Kalkoxalat nur auf besondere Zellen beschränkt, aber in diesen ist es in sehr grosser Menge enthalten, so dass es dann im Gesichtsfelde die erwähnten dunklen trauben- oder keulenförmigen Massen ausmacht. Verfasser fand wiederholt, jedoch nicht ausnahmslos, dass diese Zellen die übrigen des Markes bedeutend an Länge übertrafen und späterhin frei von Zellkern und Inhalt waren.

Die Gewebelücken finden sich bei *Lycium* weniger häufig als bei den früher betrachteten Pflanzen, sind aber meistentheils in der Nähe dieser Krystallzellen anzutreffen. Es scheint demnach auch hier, dass Zellen mit einer grösseren Menge kleesauren Kalkes weit eher absterben, als mit anderen Stoffen erfüllte Markzellen. Die Membranen der produktiven Zellen nehmen nicht an Dicke zu, sie bleiben dünn und weich, aber durch den oft dichten Wandüberzug der kleinen Krystalle erlangen sie später indirekt einige Widerstandsfähigkeit, welche sich z. B. schon darin zeigt, dass beim Verbrennen alter Stengelquerschnitte sich die Form vieler Membranen in der Asche erhält.

Besondere Erwähnung verdient bei *Lycium barbarum* das reichliche Auftreten von Siebröhren und Hornbast innerhalb grosser Phloëmbündel in der Nähe des Protoxylems; die Gefässbündel sind hier dem *Solaneen*-Typus zufolge bicollateral.

Im Anschluss an *Lycium* mag es gestattet sein, noch eine andere *Solanee,* obwohl keine eigentliche Holzpflanze, zu betrachten, nämlich

Solanum Dulcamara.

Das Wintermark dieser Pflanze zeigt mit dem der vorigen grosse Aehnlichkeit. Man findet ebenfalls Gewebelücken und dunkle Stellen, welche von Krystallanhäufungen herrühren, Tab. II. Fig. 26 a. Stellenweise ist das Mark fast ganz im Stengel verschwunden und der Stengel dadurch hohl geworden. Die den Lufträumen benachbarten Gewebeelemente zeigen die schon öfters erwähnte Auswölbung und Abrundung.

Auffallend ist bei *Solanum Dulcamara* die wiederholte, lange nach der Periode des Längenwachsthums auftretende Theilung vieler Markzellen durch auf einander senkrecht stehende Längswände, Tab. II. Fig. 26, sowie die starke Verdickung der Membran, welche ich gleich 4,5—5 Mikromillimeter fand, während die Wandstärke von *Lycium barbarum* nur etwa 1—2 Mikrom. beträgt.

Wie bei letzterer Pflanze, so finden sich auch hier echte Phloëmbündel mit Siebröhren im Mark, hier aber ausserdem in deren Nähe noch einzelne sklerenchymatische langgestreckte Elemente.

III. Betrachtungen über das Mark vorstehend behandelter Pflanzen.

Aus dem Verhalten des Markgewebes der beschriebenen Pflanzen-Arten ersieht man bald, dass demselben eine gemeinsame Ursache zu Grunde liegen muss. — Bei allen diesen Pflanzen finden sich gewisse Parthien im Zellgewebe, welche von kürzerer Lebensdauer als die übrigen sind.

Bei *Lonicera (Xylosteum), Ribes,* auch bei *Evonymus europaeus* sind es vorzugsweise oder ausschliesslich diejenigen Zellen, welche Krystalle bereiten. Bei *Ampelopsis quinquefolia* sind es scheinbar ganz beliebige des Markgewebes, welche ihren Inhalt verlieren. *Solanum Dulcamara, Lycium barbarum* bilden einen Uebergang in dem Verhalten der Krystallzellen, indem nur diejenigen Zellen, welche das Kalksalz in sehr grosser Menge und schon sehr früh enthalten, vorzeitig absterben.

Das Vorkommen von mit verschiedenen Eigenschaften hinsichtlich der Bereitung von Reservestoffen ausgestatteten Zellen im Mark genannter Species wäre im Grunde genommen nichts auffallendes. Gris hat ja nachgewiesen und an zahlreichen Beispielen gezeigt, dass die Holzpflanzen innerhalb des Markes in sehr verschiedener Menge und besonders auch in wechselnder Vertheilung produktive neben unproduktiven, d. h. früher absterbenden Zellen führen können. Allein die Zustände, von denen Gris berichtet, sind oft lange andauernde, sie sind für die meisten Pflanzen durch viele Jahre, für manche durch ihr ganzes Leben eigenthümlich, insofern weil beiderlei Arten von Zellen mit ihren verschiedenen Eigenschaften nebeneinander erhalten bleiben und stets wahrgenommen werden können, z. B. *Sorbus aucuparia, Crataegus Oxyacantha, Malus communis, Ledum palustre.* In den vorliegenden Fällen aber sehen wir erstens, dass die aus irgend welchen Ursachen abgestorbenen Zellen und Zellcomplexe zusammenfallen und dann als Ganzes oft bis auf wenige Fetzen dem bewaffneten Auge verschwinden; sie werden allerdings nicht in dem

Sinne resorbirt[1]), in welchem man dieses Wort gewöhnlich aufgefasst hat. Die Hautrudimente der Zellen werden nämlich keineswegs aufgelöst und verflüssigt den nächsten Gewebselementen zugeführt, sondern sie bleiben am Orte ihrer früheren Bildung oder dessen Nachbarschaft nur eng zusammengedrückt und angetrocknet für immer haften. Dieses also das erste Merkmal der beschriebenen Pflanzen.

Zweitens finden wir bei diesen Pflanzen neben der Vernichtung des primären Markgewebes an den bezeichneten Stellen bis zu einem gewissen Grade die weitere Ausbildung gewisser Zellen durch erneutes Flächenwachsthum und die Entwicklung neuer, jüngerer Gewebselemente durch nachträgliche Theilung. Dies ist ein wesentliches Merkmal des Markes der betrachteten Pflanzen und steht als solches dem aller übrigen Holzpflanzen gegenüber. —

Wie das Beispiel von *Lycium barbarum*, *Ampelopsis quinquefolia* zeigt, ist übrigens diese secundäre Theilung der Markzellen nicht blos auf die Nähe resorbirter Gewebetheile beschränkt, sondern kommt auf dem ganzen Markquerschnitt vor; ein weiteres Flächenwachsthum resp. Hervorwölben der Zellen kann allerdings nur dort, d. i. an den frei gewordenen Stellen, eintreten. Wir haben also hier Fälle vor uns, wo der ursprünglich regelmässige Bau des Marksystems infolge innerer Formumwandlungen allmählig verloren geht. Bisher wurde das Vorkommen solcher Vorgänge noch nirgends erwähnt.

Wenn Hartig[2]) angiebt, dass er bei den — Amylum und überhaupt Reservestoffe bereitenden — Markzellen der Eiche und Buche, in einigen nicht vollständigen Beobachtungsreihen eine alljährlich sich erneuernde Resorption von Markzellcomplexen und eine darauf folgende Ausfüllung der dadurch entstandenen Lücke mit jungem Zellgewebe gesehen habe, so können dies doch unmöglich die vom Verfasser besprochenen Vorgänge oder nur Ausnahmefälle gewesen sein, da grade bei den sehr dickwandigen Markzellen dieser beiden Pflanzen weder Resorption noch weitere Theilungen beobachtet werden konnten.

Bei allen diesen und anderen Pflanzen mit starkwandigem homogenem (nach A. Gris) Mark werden, wenn das Längenwachsthum des Sprosses zu Ende ist, neue Theilungswände in keiner Richtung mehr angelegt; wie das primäre Gewebe zu dieser Zeit gebaut war, so bleibt es für alle Zeit, daher weichen auch die Durchmesser solcher eben ausgewachsener Zellen von denen mehrjähriger Zweige nicht mehr ab. Wie wir sahen, war Letzteres aber der Fall fast bei allen der oben besonders beschriebenen Holzpflanzen.

---

[1]) Schacht, l. c. I. p. 411, 414. [2]) l. c. p. 182.

Alles dies zusammengenommen, die Fähigkeit leicht resorbirt zu werden, Möglichkeit weiteren Flächenwachsthums und erneuter Theilungen, deutet darauf hin, dass man die nächste Ursache des eigenthümlichen Verhaltens der Markgewebe von *Ribes*, *Ampelopsis*, *Evonymus*, *Solanum*, *Lycium*, ebenso diejenigen von *Pterocarya*, *Lonicera*, überhaupt aller hohl werdenden Stengel zu der Zeit ihres Hohlwerdens in der besonderen Beschaffenheit ihrer Zellmembranen zu suchen habe. In der That fallen diese letzteren bei den genannten Pflanzen schon äusserlich durch ihr stark lichtbrechendes Aussehn und ihren Glanz auf, namentlich aber zeichnen sie sich durch ihr Verhalten gegen Reagentien aus.

Es folgt hier eine Zusammenstellung der Resultate von Reactionen, welche mit Jod und Schwefelsäure, Chlorzinkjod und endlich Kupferoxyd-Ammoniak an dem Markgewebe mindestens einjähriger Triebe verschiedener Holzpflanzen angestellt wurden; es wurden dabei Vertreter der Haupttypen (A. Gris) gewählt.

Namen der untersuchten Holzpflanzen.	Beschaffenheit des Markes (Typen).	Verhalten des Markes gegen Jod und Schwefelsäure.	Verhalten des Markes gegen Chlorzinkjod.
Castanea vesca	homogen	bleibt ungelöst und färbt sich gelb bis braungelb	wird gelb bis braungelb.
Carpinus Betulus			
Betula alba			
Alnus glutinosa			
Berberis vulgaris			
Tilia americana	homogen gemischt resp. netzförmig	bleibt ungelöst und färbt sich gelb bis braungelb	wird gelb bis braungelb.
Ledum palustre		die unverdickten Zellen (Krystallschläuche) lösen sich auf und werden blau, die übrigen verdickten Zellen gelb bis braungelb, ohne sich zu lösen	Die unverdickten Zellen (Krystallschläuche) werden blauviolett, die übrigen Zellen gelb bis braungelb.
Ulmus campestris	rein heterogen	bleibt ungelöst und färbt sich gelb bis braungelb	wird gelb bis braungelb.
Robinia Pseudacacia		" " " " " " "	" " " "
Fraxinus excelsior		" " " " " " "	" " " "
Vitis vinifera		nur einzelne Zellen werden unter Quellung blau, die Mehrzahl gelb	nur einzelne Zellen bläuen sich, die Mehrzahl derselben wird gelb bis braungelb.
Cornus sanguinea		bleibt ungelöst und färbt sich gelb bis braungelb	wird gelb bis braungelb.
Populus alba		nur einzelne Zellen quellen und werden dabei blau	nur einzelne Zellen werden blauviolett.
" *nigra*		" " " " " " "	" " " " "
Prunus Padus		bleibt ungelöst und färbt sich gelb bis braungelb	wird gelb bis braungelb.
Aesculus Hippocastanum (Die älteren Triebe.)	heterogen gemischt	" " " " " " "	" " " "
Sambucus nigra	todt	" " " " " " "	" " " "
Lonicera	heterogen ausgehöhlt	die bestehen bleibenden Zellen werden gelb bis braungelb, die zerrissenen Krystallzellen quellen auf und werden blau	die bestehen bleibenden Zellen werden gelb bis braungelb, die zerrissenen Krystallzellen werden blauviolett.
Pterocarya caucasica	heterogen gekammert	das ganze Centralmark löst sich unter Blaufärbung	das ganze Centralmark wird blauviolett.
Ampelopsis quinquefolia	homogen zerklüftet	quillt auf und löst sich unter Blaufärbung.	wird blauviolett.
Ribes rubrum			
" *Grossularia*			
" *Aureum*			
" *nigrum*			
" *Altaica*			
Evonymus europaeus			
Lycium barbarum			
Solanum Dulcamara			

Verhalten gegen Kupferoxyd-Ammoniak.

Die Zellwandungen selbst junger Sprosse sind, wie schon Naegeli erwähnt, für sich in Kupferoxydammoniak unlöslich; es wurden daher zunächst die betreffenden Schnitte in verdünnter Salpetersäure (1 : 1) macerirt. Nach dem Auswaschen wurden von dem Reagens vollständig gelöst Mark von *Ampelopsis quinquefolia,* Markquerscheiben von *Pterocarya caucasica,* das jüngere Mark von *Solanum Dulcamara*, *Evonymus europaeus.* Das Gewebe der *Ribes*-Arten quoll beträchtlich auf, ohne sich zu lösen. Sehr geringe Quellung zeigten das Mark von *Sambucus, Fraxinus*, *Castanea cornus, Carpinus, Prunus* u. a.

Wir bemerken an dieser Gruppirung, dass dem Mark der in dieser Arbeit behandelten Pflanzen ein ganz besonderes Verhalten gegen Reagentien zukommt, seine Zellen werden von den jodhaltigen Reagentien sämmtlich gebläut und beweisen damit ihre nahe Beziehung zur Cellulose. Auch gegen Schweizerisches Reagens verhalten sie sich charakteristisch; dieselben jedoch ohne vorherige Maceration in verdünnter Säure mittelst Kuperoxyd-Ammoniak zur Lösung zu bringen, diesem charakteristischsten Reagens auf reine Cellulose, war nicht möglich. — Es muss hervorgehoben werden, dass das Mark von *Populus alba, Acer Negundo,* welches stellenweise ebenfalls mit Chlorzinkjod sowie Jodschwefelsäure die Cellulose-Reaction giebt, bereits sehr früh abgestorben und deshalb einer weiteren Ausbildung aller seiner Membranen nicht mehr fähig ist, denn die Verholzung [1]) einer Zellhaut ist ein durch das Leben der Zelle selbst hervorgerufener Vorgang; es sind daher bei diesen beiden Holzpflanzen *(Populus alba, Acer Negundo)* noch hier und da einige unvollendete, unverholzt gebliebene Elemente zu finden; die noch lebenden und sich stark verdickenden Zellen von *Castanea*, *Fagus* u. s. w. gaben dagegen niemals eine reine Cellulose-Reaction. Um so auffallender ist demgegenüber das Verhalten der Markzellen von *Evonymus, Ampelopsis, Ribes, Lycium barbarum,* welche, obwohl sie jedes Jahr ebenso wie *Castanea, Fagus*, *Quercus* neue Reservestoffe empfangen, bereiten und wieder abgeben und damit ihre Lebensthätigkeit bekunden, doch die ursprüngliche Beschaffenheit ihrer Membranen behalten. Die Zellwand dieser Pflanzen besteht somit nicht aus Holzstoff, sondern aus Cellulose oder einem

[1]) Schacht, l. c. p. 48, I.

der Cellulose sehr ähnlichen Körper, von welcher es auch bekannt ist, dass sie in hohem Grade weich [1]) und quellbar ist; Holzstoff dagegen bewirkt Starrheit [2]) der Membran. Aus diesem Grunde, dem Fehlen des letzteren, dem Prävaliren ersterer (der Cellulose) erklären sich bei den genannten Pflanzen erstens die Resorption oder mindestens die Formveränderung gewisser Gewebetheile beim Verlust ihres Inhalts und zweitens die Möglichkeit weiteren Flächenwachsthums und weiterer Theilungen. Einige Beispiele sollen dies deutlich machen.

Wir wählen zunächst eine Pflanze mit typisch todtem Mark, *Sambucus nigra*. Theilt man sich einige eben ausgewachsene Internodien dieser Pflanze durch eine Reihe successiver Schnitte in verschiedene Querstücke, so gelangt man bald in eine Region, in welcher die weiter oben noch saftstrotzenden Zellen ihren Inhalt zu verlieren beginnen. Es zeigt sich dies bei den einen schon an dem Fehlen des Zellkerns, bei anderen an der Füllung mit Luft. Der Inhalt verschwindet, aber die Zelle verändert ihre Form nicht, sie bleibt in der ursprünglichen Anordnung bestehen, denn sie ist zu dieser Zeit schon verholzt und starr geworden. Würden sich bei *Sambucus* in dem Grade, als der Zellinhalt verschwände, auch die Membranen der Zellen immer mehr zusammenziehen oder gar einstülpen und so näher an einander rücken, so müssten im Mark ganz ähnliche horizontale Lücken entstehen wie sie die *Juglandineen* zeigen; auch bei *Sambucus* überwiegt die Breitendimension der einzelnen Markzelle beträchtlich deren Längendurchmesser.

Bei *Pterocarya, Ampelopsis* dagegen, im Allgemeinen bei sämmtlichen der oben näher beschriebenen Pflanzen sehen wir, dass die einzelne Markzelle mit ihrem Inhalte auch die ursprüngliche Form verliert. Die nächstliegenden Zellen, von ihrem Gegendruck befreit, zeigen alsdann deutliches Flächenwachsthum, denn ebenso wie der Volumverringerung setzen ihre Membranen auch der Volumvergrösserung durch etwa eintretende Dehnung oder weiteres Wachsthum keinen grossen Widerstand entgegen, was aber bei verholzten, starrwandigen Zellen immer der Fall sein würde. Das gekammerte Mark von *Pterocarya caucasica* ist also nichts weiter als ein heterogenes oder todtes Markgewebe, ganz wie man es bei *Sambucus* findet, nur mit dem Unterschiede, dass sich bei dieser letzteren Pflanze die Form der Zellen erhält; das Auftreten der Kammern ist keine besondere Eigenthümlichkeit der Struktur, sondern lediglich eine Folge des Zusammentrocknens unter den oben erwähnten Verhältnissen und der chemischen Beschaffenheit der Membranen.

---

[1]) Sachs, l. c. p. 34. [2]) Schacht, l. c. I. p. 13.

Dass das Collabiren der Markzellen bei der Entziehung ihres Inhaltes nicht etwa der geringen Dicke der betreffenden Membranen, obwohl diese von wesentlichem Einfluss ist, zuzuschreiben ist, ersehen wir daraus, dass z. B. die beständigen Zellen von *Acer Negundo, Salix alba, Sambucus nigra, Rhus Cotinus, Tilia, Spiraea* u. s. w. keine dickeren Zellwände besitzen als die hinfälligen von *Ampelopsis* und *Pterocarya;* andererseits beträgt bei *Ribes* die Dicke ausgebildeter Zellmembranen oft das Dreifache der Wandstärke jener und doch verändern auch diese beim Absterben der Zellen ihre Gestalt.

Bei den *Ribes*-Arten zeigt es sich, dass die Markzellen, welche an die durch Vernichtung der Krystallzellen entstandenen Lücken angrenzen, das Bestreben haben sich abzurunden und zu vergrössern, ein Zeichen, dasss der Widerstand der Membran kein grosser und dass sie selbst noch wachsthumsfähig ist. Würden die Krystallzellen wie die Zellen von *Sambucus* trotz des Verlustes von Plasma, Zellsaft und Imbibitionsflüssigkeit in ihrer Form erhalten bleiben, dann böte sich bei *Ribes* auf dem Querschnitt ganz der Typus des netzförmigen Markes (moëlle homogène réticulée) der *Rosaceen* oder der *Rhodoraceen* z. B. von *Ledum*. Da hier aber die krystallführenden Zellen als solche dem Auge völlig verschwinden, so können wir mit demselben Rechte, wie es Gris für die *Juglandineen* in Anspruch nimmt, auch für die *Ribes*-Arten einen besonderen Typus aufstellen. Es wäre dies der Typus des durch Längslücken zerklüfteten Markes. Wir finden nämlich so wie zwischen *Sambucus* und *Pterocarya,* auch zwischen *Ledum* und *Ribes* Strukturunterschiede, welche in den sonst ursprünglich ganz gleichgebauten Marksystemen nur durch chemische Verschiedenheiten der Zellmembranen hervorgebracht werden. Mit Einschluss des erwähnten neuen Typus würde daher die vorläufige Uebersicht über die Form und Beschaffenheit des Holzpflanzen-Markes folgende sein.

Das Mark kann sein:

I. *Homogen*

a) zusammenhängend:

1) gleichförmig,
2) gemischt,
3) netzartig,
4) steinzellig.

b) zerrissen:

1) in der Längsrichtung *(Ribes, Evonymus),*
2) in der Querrichtung *(Ampelopsis),*

} das Mark besitzt cellulose-reiche Wände.

II. *Heterogen*
- a) zusammenhängend:
  - 1) rein heterogen,
  - 2) gemischt,
    - α) unregelmässig gemischt,
    - β) reihig,
    - γ) netzförmig,
  - 3) mit echten Diaphragmen,
- b) zerrissen:
  - 1) gekammert (unechte Diaphragmen). *Pterocarya*,
  - 2) ausgehöhlt *Lonicera*,

} das Mark besitzt wenigstens theilweise cellulosereiche Wände.

III. *Todt (Sambucus*, man findet jedoch auch bei dieser Pflanze wenigstens einzelne lebensthätige Markzellen in der Peripherie).

Vorstehende Eintheilung bedarf aber noch weiterer Ausarbeitung und noch vieler Ergänzungen, wenn sie ein vollkommenes Bild aller möglichen Formen und Beschaffenheiten des Markgewebes geben soll, da, wie oben [1]) erwähnt, noch verschiedene andere Gebilde die Struktur des Markes beeinflussen und als Eintheilungsmomente dienen können.

Ampelopsis verhält sich in Bezug auf das Mark ganz ähnlich wie *Ribes*, nur ist sein Gewebe nicht von so langer Lebensdauer. Ausserdem befinden sich die collabirenden Elemente weniger in Längsreihen als unregelmässig in Gruppen und Bändern innerhalb des Marksystems vertheilt, wodurch nicht allein vertikale, sondern auch horizontal verlaufende Lücken, wie wir sie bei *Pterocarya* fanden, zu Stande kommen. Trotz des für diese Sträucher ansehnlichen Alters, welches die produktiven Markzellen von *Ribes*, *Lycium barbarum* und die von *Evonymus europaeus* erreichen können, erlangen deren Wandungen keine anschnliche Dicke; die ebenfalls Reservestoffe führenden, aber verholzenden Zellen des homogenen Marks (Gris) der Eiche, Buche, Kastanie verhalten sich hierin ganz anders.

Aus dem Gesagten ergiebt sich, dass ebenso wie die Verholzung der Zellwand die Ursache einer starren Form derselben ist, die Verholzung ebenso auch eine weitere Theilung [2]) und das Flächenwachsthum der Markzellen verhindert, selbst wenn Platz zur Ausdehnung solcher mit Baustoffen beladener Elemente vorhanden wäre. Daher finden wir bei allen jenen Holzpflanzen, deren Mark sich gegen Reagentien als verholzt erweist, die grösste Beständigkeit im Aussehen und

1) Siehe p. 9. 2) De Bary l. c. p. 485

in der Grösse ihrer Markzellen. Eine alljährliche Resorption und Erneuerung von Markzellgewebe bei der Eiche, Buche, welche Hartig[1]) erwähnt, habe ich nicht beobachten können und gehört in den älteren Zweigen dieser Pflanzen gewiss zur Seltenheit oder Abnormität. Dagegen nahm ich allerdings bei *Alnus glutinosa,* auch einer Pflanze mit sonst verdicktem und verholztem Mark, im Gewebe des Markes einzelne Lücken wahr, welche aber, wie sich dann bei Besichtigung sehr junger Triebe herausstellte, analog den Vorgängen bei *Ribes* durch Zerstörung einzelner Krystallzellen, jedoch schon und nur in dem jugendlichen Gewebe entstanden waren. Sämmtliche Zellen des fertigen Markes von *Alnus* zeigten in der Folge immer starke Verdickung und Verholzung der Membranen ohne Ausfüllung der besprochenen Lücken und ohne dass jüngere Theilungen sichtbar waren.

Die zerstörende Wirkung mancher Krystallzellen scheint übrigens eine weitere Verbreitung zu besitzen; Verfasser fand z. B. auch in einigen Rinden z. B. der von *Tilia americana* die Entstehung von Gewebelücken, welche nur durch Resorption krystallführender Zellen veranlasst war.

Aus Vorstehendem und gemäss den beobachteten Erscheinungen ergiebt sich, dass die hauptsächlichste oder alleinige Bedingung sämmtlicher im Mark anzutreffenden Strukturveränderungen die chemische Beschaffenheit der Zellwand ist, und dass sämmtliche Holzpflanzen nach den Eigenschaften der Markzellwand in zwei Gruppen gebracht werden können. Zu der einen, welche die Pflanzen mit beständigem, verholztem Mark umfasst, gehört die weitaus überwiegende Zahl der Holzgewächse. Das Mark derselben ist ferner zumeist regelmässig aufgebaut und besteht, abgesehen von den Fällen, wo verschiedenartige Elemente im Mark vorkommen, aus Zellen, welche von der Peripherie nach dem Centrum hin allmählich grösser werden, weshalb der Verfasser sich für berechtigt hielt, solches sich im Bau unverändert erhaltendes Mark normal zu nennen.

Zur zweiten Gruppe gehören die speziell in vorliegender Arbeit behandelten und vielleicht noch manche andere Pflanzen. Bei diesen bemerken wir im Mark eine aus fast reiner Cellulose bestehende Membran, ausserdem eine leichte Veränderlichkeit der Form ihrer Zellen, welche sich kundgiebt beim Absterben durch Zusammenfall des Gewebes, beim Lebendigbleiben vornehmlich durch Zellenwachsthum und Vermehrung, wenn der Raum es gestattet. Letztere findet

[1]) l. c. p. 182.

durch einmalige oder fortgesetzte Zweitheilung statt und ist bei manchen Pflanzen z. B. *Ribes rubrum* in den älteren, mehrjährigen, Zweigen noch ebenso gut anzutreffen wie in den von einjährigem Alter; es resultirt daraus eine oft bedeutende Unregelmässigkeit im Aussehn des gesammten Markkörpers. — Der überwiegenden Anzahl der Holzpflanzen gegenüber bildet ein mit solchen Eigenschaften ausgestattetes Mark einzelner Species eine Abnormität.

Zusammenstellung der eigenen Resultate.

1) Das Mark der meisten Holzpflanzen ist verholzt und sind seine Zellen bei fortdauernder Lebensthätigkeit stark verdickt und in ihrer Form beständig.

2) Im Mark vieler Holzpflanzen kommen neben anderen auch Krystallzellen (Kalkoxalat) vor, welche sich durch besondere Eigenschaften auszeichnen.

   a) Die Krystallzellen vieler Pflanzen theilen sich in zeitiger Jugend durch Bildung von Querwänden und Längswänden in kleinere Kammern *(Pterocarya, Quercus).*

   b) Bei der Streckung der Internodien zeigen sie vielfach die Fähigkeit grösser zu werden als alle anderen Zellen *(Ribes, Ledum).*

   c) Die Krystallzellen verlieren ihren plasmatischen Inhalt früher und sterben eher ab als die übrigen Zellen des Markgewebes *(Evonymus).*

   d) Die Wände der Krystallzellen vieler Holzpflanzen, selbst solcher mit verholztem Mark, bestehen aus Cellulose, bleiben dünn und verholzen niemals *(Ledum palustre, Ribes, Lonicera, Alnus glutinosa, Evonymus).*

   e) Dies ist der Grund, dass diese Zellen, wenn sie ihren Inhalt verloren haben, oftmals zusammenfallen und Lücken im Gewebe bilden.

3) Das Mark einzelner Holzpflanzen besteht während seiner ganzen Lebensdauer aus dünner und weicher Cellulose. Dahin gehören *Ribes, Evonymus, Ampelopsis, Lycium barbarum, Solanum Dulcamara,* mit einiger Beschränkung auch *Pterocarya caucasica.*

4) Infolge der besonderen Beschaffenheit seiner Zellmembranen ist das Mark dieser Pflanzen im Laufe der Zeit noch Veränderungen unterworfen. Diese bestehen:
   a) in noch ferner stattfindenden Theilungen,
   b) in mitunter eintretendem weiteren Flächenwachsthum seiner Zellen,
   c) in Zusammenfall des Gewebes nach Einstellung der Lebensthätigkeit.

Erklärung der Abbildungen.

Taf. I.

Fig. 1. Querschnitt durch ein junges, mit verdünnter Kalilösung geklärtes Internodium von *Pterocarya caucasica*. $^1/_{30}$.

Fig. 2. Längsschnitt durch dasselbe. $^1/_{30}$.

Fig. 3. Längsschnitt durch ein älteres Internodium von *Pterocarya caucasica* mit beginnender Fächerung, Alkoholpräparat. $^1/_{30}$.

Fig. 4. Dasselbe, weiter vorgeschritten. $^1/_{30}$.

Fig. 5. Gruppe verdickter Zellen aus dem Mark von *Pterocarya caucasica*.

Fig. 6. Längsschnitt durch ein älteres Internodium von *Pterocarya*, die Trennung des Markes ist eben eingetreten, Alkoholpräparat. $^1/_{30}$.

Fig. 7. Querschnitt durch ein eben ausgewachsenes Internodium (VIII.) von *Ampelopsis quinquefolia*, Mitte des Markes, Alkoholpräparat, $^1/_{30}$; die Zellen sind noch sehr gross und ungetheilt.

Fig. 8. Längsschnitt durch dasselbe. $^1/_{30}$.

Fig. 9. Querschnitt durch einen einjährigen Zweig von *Ampelopsis quinquefolia* während der Winterruhe. Alkoholpräparat, $^1/_{30}$; die Zellen zeigen junge Theilungswände.

Fig. 10. Längsschnitt durch dasselbe. a. Abgestorbene und eingefallene Zellen. b. Hervorwölbung von Zellen.

Fig. 11. Längsschnitt durch einen zweijährigen Zweig von *Ampelopsis quinquefolia*, während des Sommers in Alkohol gelegt. $^1/_{30}$.

Taf. II.

Fig. 12. Längsschnitt durch das Mark eines vierjährigen Internodiums von *Ampelopsis quinquefolia*. $^1/_{16}$.

Fig. 13. Querschnitt durch einen einjährigen Zweig von *Evonymus europaeus*, während der Winterruhe in Alkohol gelegt. $^1/_{36}$.

Fig. 14. Längsschnitt durch denselben.

Fig. 15. Querschnitt durch einen vierjährigen Zweig von *Evonymus europaeus*, Alkoholpräparat. $^1/_{36}$.

Fig. 16. Längsschnitt durch denselben.

Fig. 17—19. Querschnitte durch die ersten drei aufeinanderfolgenden Internodien von *Ribes rubrum*, Alkoholpräparate, $^1/_{50}$, a. Die Krystallzellen, welche ihren Inhalt verloren haben und sich einstülpen.

Fig. 20—21. Längsschnitte durch dieselben.

Fig. 23. Querschnitte durch einen einjährigen Zweig von *Ribes rubrum* während der Winterruhe in Alkohol gelegt. $^1/_{50}$.

Fig. 24. Längsschnitt durch denselben.

Fig. 25. Querschnitt durch einen dreijährigen Zweig von *Ribes rubrum*, zur Zeit der Winterruhe in Alkohol gelegt. $^1/_{30}$. Es sind zahlreiche junge Theilungswände sichtbar.

Fig. 26. Querschnitt durch einen Trieb von *Solanum Dulcamara*, während der Winterruhe entnommen und in Alkohol gelegt. $^1/_{30}$. a. Zellen mit Krystallanhäufungen.

Druck von Robert Nischkowsky in Breslau.

Lebenslauf.

Verfasser, katholisch, Sohn des Amtsgerichtsrath Julius Kassner und seiner Ehegattin Clara, geb. Brase, wurde zu Lüben in Niederschlesien am 4. Febr. 1858 geboren.

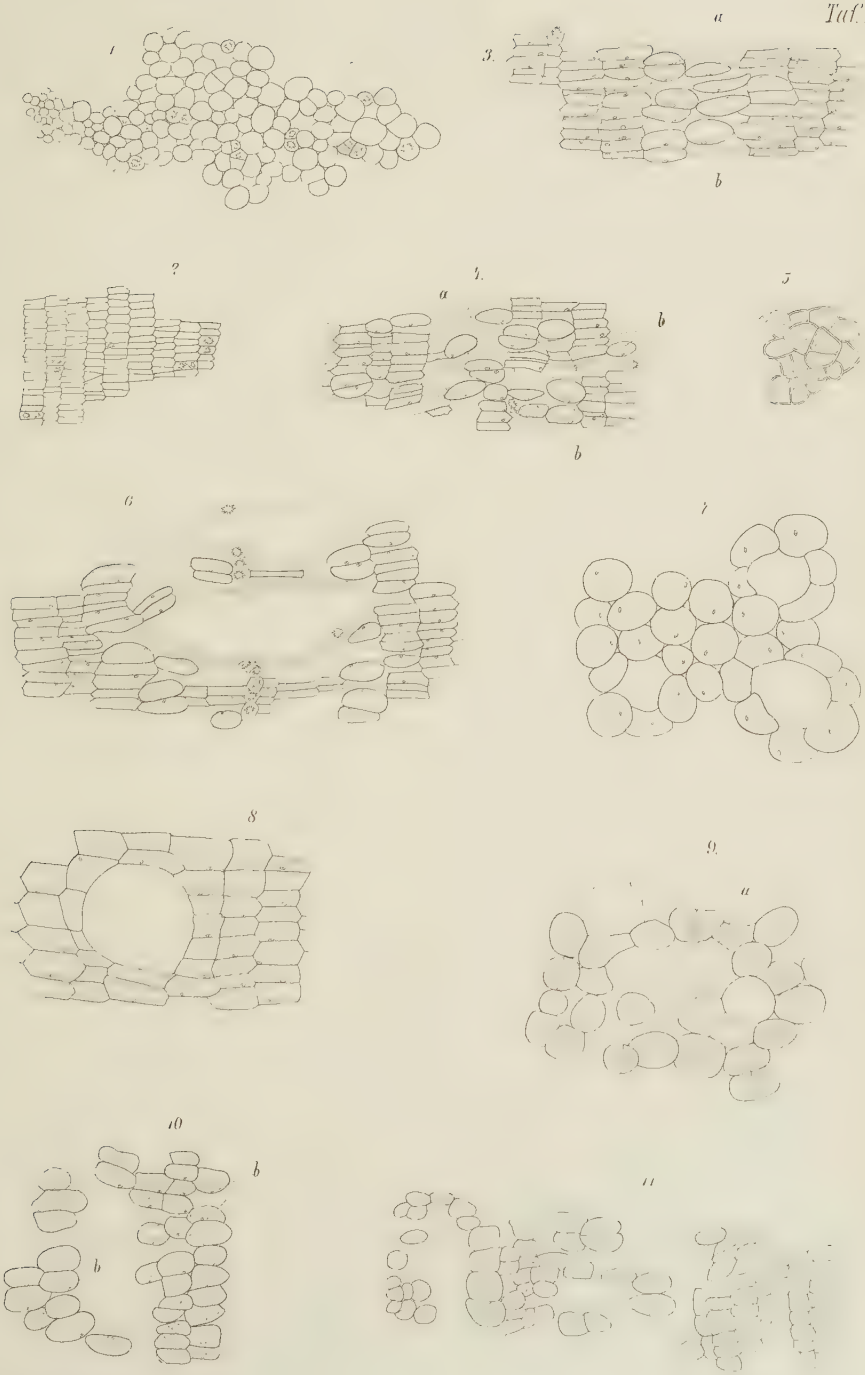
Mit dem 13. Jahre besuchte ich das Gymnasium zu Jauer, welches ich Ostern 1875 mit dem Zeugniss für Obersecunda verliess, um als Eleve in die Schneider'sche Apotheke in Sprottau einzutreten. Nach 3jähriger Dauer der pharmazeutischen Lehre bestand ich das Apotheker-Gehilfen-Examen vor der Königl. Prüfungscommission zu Liegnitz. Hierauf absolvirte ich zwei Jahre der vorgeschriebenen Servirzeit und zwar $1\frac{1}{2}$ Jahr in Seehausen a. /A., $\frac{1}{2}$ Jahr in Basel, woselbst ich auch während des W. S. 1879/80 als Zuhörer die Vorlesungen des Herrn Prof. J. Piccard besuchte. Ostern 1880 bezog ich die Universität Zürich, hörte daselbst während 3 Semester Vorlesungen der Herren Professoren und Docenten: Cramer, Egli, Frey, † Heer, Heumann, Hofmeister, Kenngott, Schaer, † Weith, Winter und arbeitete in den chemischen Laboratorien der Herrn Professoren: Lunge und V. Meyer.

Innerhalb des S. S. 1881 absolvirte ich zu Zürich das pharmazeutische Staatsexamen der Schweiz. Darauf kehrte ich nach Schlesien zurück und hörte während dreier Semester Vorlesungen der Herren Professoren F. Cohn, Liebisch, Loewig, Poleck und arbeitete im pflanzenphysiologischen Institut unter Herrn Professor F. Cohn.

Allen meinen verehrten Lehrern spreche ich an dieser Stelle meinen innigsten Dank aus, insbesondere aber den Herren Prof. J. Piccard zu Basel, Cramer und E. Schaer zu Zürich und F. Cohn in Breslau, von denen ich auch im persönlichen Verkehr vielfache geistige Anregung erhielt.

Am 3. November 1882 bestand ich in Breslau das deutsche Staatsexamen für Apotheker, wodurch ich die Berechtigung zum einj. freiwillig. Dienst als Militair-Pharmazeut erhielt, welchem ich im Jahre 1883 in Posen genügte.

Taf. I

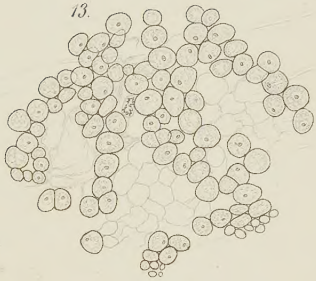


G. Kassner, del.

Lith. Anst. v. C. Kirst, Leipzig

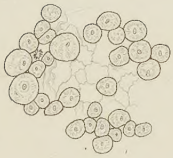
12.

13.



14.

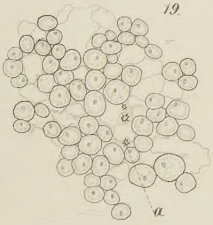
15.



17.

16.

19.

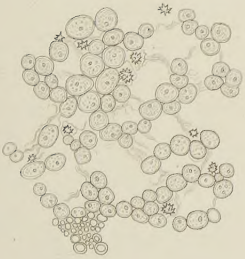


18.

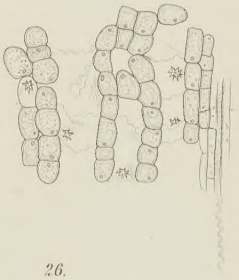
20.

22.

23.



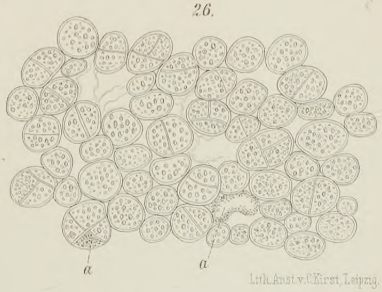
24.



21.

25.

26.



G. Kassner, del.

Lith. Anst. v. C. Kirst, Leipzig.